Jofre (R.)

FACULTAD DE MEDICINA DE MÉXICO

NUEVO REÓSTATO

Construido
para obedecer el principio siguiente en las aplicaciones terapéuticas
de la electricidad.

El cambio súbito del potencial de una corriente eléctrica, produce efectos mecánicos que son excitantes para el nervio y el músculo. En consecuencia, el máximum de la acción calmante ó paralizante de las corrientes, se obtendrá procurando que el cambio de potencial se verifique gradualmente al cerrarlas ó abrirlas.

TESIS INAUGURAL

DE

ROBERTO JOFRE

Alumno
de la Escuela Nacional de Medicina de México.

MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Calle de San Andrés núm. 15.

1889

FACULTAD DE MEDICINA DE MÉXICO

NUEVO REÓSTATO

Construido
para obedecer el principio siguiente en las aplicaciones terapéuticas
de la electricidad.

El cambio súbito del potencial de una corriente eléctrica, produce efectos mecánicos que son excitantes para el nervio y el músculo. En consecuencia, el máximum de la acción calmante ó paralizante de las corrientes, se obtendrá procurando que el cambio de potencial se verifique gradualmente al cerrarlas ó abrirlas.

TESIS INAUGURAL

DE

ROBERTO JOFRE

Alumno
de la Escuela Nacional de Medicina de México.

MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Calle de San Andrés núm. 15.

1889

A TU MEMORIA ¡BENDITA MADRE MIA!

A MI PADRE QUERIDO

Al ilustrado, infatigable y progresista Ministro de Fomento

SR. GENERAL D. CÁRLOS PACHECO

Que tan eficaz y noblemente ha impulsado mi carrera.

AL SEÑOR

DR. D. EDUARDO LICÉAGA

Homenaje de respeto al sabio maestro
y gratitud al finísimo amigo que salvó la vida de mi padre.

A MIS QUERIDOS MAESTROS

LOS SRES. DRES.

D. Rafael Lavista, D. Francisco de P. Chacón, D. Manuel Carmona y Valle
y D. José María Bandera.

AL HONORABLE

CUERPO DE PROFESORES

De la Escuela N. de Medicina de México.

Recuerdo de gratitud por la enseñanza que me impartieron.

Señores Jurados:

Tengo la honra de someter á vuestro sesudo y erudito juicio, el fundamento científico de un nuevo instrumento cuya importancia valorizaréis vosotros mismos.

Aunque me haya ocurrido este problema desde hace tiempo, confieso que no he podido llegar á su resolución y fundamento técnico, sino después de algún estudio, de algunas experiencias, de muchas reflexiones. y por último, de ese trabajo de asimilación de las ideas que sólo el tiempo es capaz de ejecutar en ellas, proporcionando la serie de repeticiones y de comparaciones de los hechos que termina por familiarizarnos con ellos, formando la convicción que por ellos adquirimos y el fondo de conocimientos verdaderamente sólidos.

Trabajo lento ha sido el mío. Sólo la consideración de la gran utilidad que creo encontrarle, puede haberme comprometido á continuarlo hasta su fin.

"El éxito corona la obra." Yo debí haber puesto al

final de esta tesis los resultados de mi aparato. La conciencia de las cosas no aparece sino cuando hay un perfecto acuerdo entre el sugeto y el objeto. Pero á causa de este aparato y de esta tesis, en cuyo estudio concluí por interesarme hasta el más alto grado, no he podido presentar con anterioridad el examen final de mi carrera, á que hoy aspiro; y si convenian para complemento de mi obra los datos experimentales, el recopilar todas aquellas pruebas que debe presentar quien no pretende ser creído bajo su palabra, me habría exigido mayor tiempo del que llevo empleado en este asunto, y desaprovechar una ocasión de las pocas y cortas en que disfruto, á Dios gracias, de alguna salud.

Una palabra más, señores. El arte de escribir tiene muchas dificultades. ¿Cómo os pediré esa bondadosa indulgencia con que sabe disculpar el sabio maestro la natural ignorancia y torpeza del iniciado? ¿Debo obligado por mi parte de pedírosla, puesto que tanto la necesito? ¿ó callar sobre este punto, aconsejado de la otra, por los que ven en ello una rutina, exponiéndome á pasar por presuntuoso ante vosotros á quienes nunca quisiera parecerlo? No por cierto.

Se comunica el entusiasmo que en este instante reina por el estudio de la electricidad, cual se comunicaba el que produjo la noticia de los placeres de California en los ávidos de oro. La veta de metal que por torrentes derramaba su riqueza, excitó la codicia en todo el orbe: tesoros de trabajo, de industria, de progreso; otras mil trasformaciones más del éter impalpable, ya explotadas ó apenas presentidas, atraen al sabio infatigable hacia su estudio y enardecen en él esa sed insaciable del saber.

Consagrados en sorprendente número á las indagaciones más pródigas en hechos extraordinarios que agente alguno de la Naturaleza nos haya presentado, matemáticos, físicos, fisiologistas y químicos, fabricantes é industriales, presentan cada día á la faz del mundo nuevos descubrimientos ó aplicaciones nuevas de la electricidad, y no hay conocimiento por apartado que se encuentre del gran concierto de la ciencia, que no le haya debido ó de ella espere algún bien del abundante que hace en torno suyo.

Así también la Electroterapia, puntual á la cita que

las demás ciencias se han dado desde que entró en la senda del progreso, abierta por el genio y los esfuerzos de sus apóstoles modernos, tratando de asimilarse cuanto haya útil del rico repertorio de la Física, ha conseguido dilatar la acción de su dominio y deslumbrar al mismo mundo médico con sus resplandecientes métodos. Deslumbrar tanto más, cuanto que se presenta como un edificio respetable y solidario, en los momentos en que muchos creyeron encontrarla tan ruin y tan empírica como se vió al quedar desamparada con la muerte de Duchenne (de Boulogne) y Remak, grandes hombres que mecieron su cuna, y ser presa de charlatanes y especuladores que desviaron su estudio de la senda científica, conduciéndola pronto al oprobio y al descrédito.

Creemos, por el contrario, que en virtud del trabajo de reivindicación acometido con tanta fe y constancia, de pocos años á la fecha, se ha logrado elevarla á tal altura, que no peligrará de nuevo su buen nombre.

Así, pues, dignos sobre manera nos parecen de interesar la atención de los médicos estos nuevos recursos terapéuticos, vírgenes en México de la aplicación que merecieran, y cuyo estudio, como cualquiera otro de los que prometen más frutos en el extenso campo de la Medicina, invita á hacer indagaciones henchidas de halagüeñas esperanzas.

INTRODUCCIÓN.

> El cambio súbito del potencial de una corriente eléctrica al atravesar un organismo, produce efectos mecánicos que empeoran ciertos estados patológicos del nervio y del músculo. En consecuencia, el máximum de la acción calmante ó paralizante de una corriente, se obtendrá procurando que los cambios de potencial se verifiquen gradualmente, al cerrarla ó abrirla.

La historia de un arte ó de una ciencia, como cualquiera historia, en sí propia condensa su filosofía; no tiene por fin único el recordar los hechos para recargar nuestra memoria y hacernos eruditos, quehacer de pura vanidad científica á lo más. Establecido está que entre los hechos cuya enlazada narración constituye una historia, existe una relación tan estrecha de causalidad, que suprimiendo ciertos antecedentes, no habrían podido producirse tales y cuales consecuentes: ántes del descubrimiento de las propiedades del electro–imán, no habría podido Morse inventar el telégrafo; numerosos y difíciles estudios se han requerido acerca de las corrientes derivadas y otros varios asuntos de reciente solución, que á Edisson sugiriesen su ingenioso sistema dupplex de telégrafos.

De la historia resalta el mérito del inventor, del sabio que, como Lavoisier, aventura una idea cuyo alcance ni ha podido comprender el vulgo de sus contemporáneos, cosa que ha sucedido con frecuencia. La insondable filosofía de aquella pre-

dicción que lanzó desde su época dejando escrito: "nada se pierde, nada se crea," apenas hoy es posible comprenderla y encontrar confirmada su verdad en toda la extensión de la Naturaleza.

Sirve á la vez la historia para probarnos que en la marcha progresiva del saber humano, como en la de la Naturaleza, "nada procede por saltos." Suele creerse erróneamente que un invento es obra completa de la imaginación del inventor, cosa inexacta, pues entre los antecedentes del asunto se marcan huellas que sirvieron de guía al hombre inteligente que supo utilizarlas. Reunidos los elementos que servirán de punto de partida á una invención, llega el instante en que una ú otra cabeza la discurre, como cristaliza la sal cuando satura el agua.

Si la historia pone de manifiesto el trazo recorrido por otros al perseguir un fin, de conocerlo puede sacarse gran provecho imitando esta marcha, cuyas operaciones intelectuales consisten sumariamente en observaciones, inducciones, deducciones, analogías, hipótesis, inferencias probables, etc., es decir, razonamientos como todos los que diariamente hacemos, apoyados en conocimientos previos y dirigidos en determinado sentido por hombres que disfrutan de las aptitudes necesarias.

No nos excusaremos, pues, de presentar un bosquejo siquiera de la historia de la Electrofisiología y Electroterapia en la parte que más se relacione con nuestra tesis, en cuya historia fácil será advertir el fundamento experimental del epígrafe que encabeza estas líneas.

*

El origen de la Electroterapia y el de la Electrofisiología, íntimamente confundidos, se mezclan á su vez con la historia general de la Electricidad, porque los primeros conocimientos que de aquellos se fueron adquiriendo, diseminados y escasos ántes de los trabajos de Galvani, poco se sabe cuán-

do ni cómo fueron habidos. El profesor Erb observa con justicia que "mientras los hombres no han sido capaces de producir electricidad en cantidad suficiente, no han podido utilizar con regularidad este remedio."

Sin embargo, nos dice el mismo autor que los antiguos médicos romanos emplearon los manantiales naturales de electricidad para curar paralíticos, gotosos, etc., sirviéndose de torpedos, á cuyas descargas eran sometidos los pacientes.

La invención de la máquina eléctrica que produce cargas ó potenciales elevados y poca cantidad, dió lugar á diversas experiencias seguidas de escaso fruto, y el verdadero punto de partida de los serios estudios y aplicaciones prácticas á que ha sido sometida después esta cuestión, fué la célebre experiencia de Galvani, efectuada, como es sabido, en 1786, cuyos pormenores refiere el afamado E. Cyon, en sus "Principios de Electroterapia," del modo siguiente: "Había prendido (Galvani) varias ranas de la columna vertebral y suspendídolas de un balcón de fierro por medio de ganchos metálicos; siempre que las piernas de estos animales se ponian en contacto con la balaustrada de fierro del balcón, presentaban contracciones extremadamente vivas."

Esta experiencia fué la que condujo al descubrimiento del galvanismo, y de aquí surgieron los trabajos del célebre Volta, enderezados á contradecir los de Galvani, y sucesivamente los de Humboldt, Valli, Nobili, etc., discutiendo los unos en pró y los otros en contra de la existencia de la electricidad animal, y cuya dilatada cuestión terminó con los trabajos de Mateucci y de Dubois-Reymond, que probaron su realidad y establecieron sus leyes.

Volta y Galvani tenian cada uno razón en parte. Cada uno descubrió un hecho nuevo, pero cada cual lo interpretó erróneamente. Volta, cegado por la pasión contra Galvani, no admitia las explicaciones de éste, y en cambio, si descubría por su parte un hecho nuevo,[1] lo interpretaba mal.

Este hecho, descubierto por el genio de Volta, ha servido

1 La teoría del contacto de Volta.

á su vez de base á los estudios y adelantos verificados en las pilas.

Nosotros no nos ocuparemos sino del primero, que atañe á la Electrofisiología.

Del excelente resumen histórico que encontramos en la mencionada obra de E. Cyon, de donde hemos tomado varios de los datos que anteceden, seguiremos sirviéndonos ahora para recordar á grandes rasgos la historia del estudio de "*la excitación de los músculos y los nervios*," historia que sirve de fundamento á las apreciaciones ulteriores que hacemos en el curso del presente trabajo.

"Ya se sabía, dice Cyon, que la neutralización súbita de dos electricidades, contrarias de naturaleza, en el nervio ó en el músculo, provoca una contracción muscular que excita nuestro sensorium. Pero las experiencias de Galvani demostraron por primera vez que *el músculo y el nervio son excitados por un cambio súbito en la intensidad del fluido eléctrico.* Volta demostró que la intensidad de la contracción muscular, depende, no solamente de la rapidez con la cual la corriente atraviesa el nervio, sino también de la dirección de la corriente, hecho muy importante de notar."

"Tratando Volta de refutar la opinión de Galvani, que quería asimilar su rana á una botella de Leyde, hizo diversas observaciones muy notables que Pfaff confirmó después, como por ejemplo: Que la parte exterior de la rana, es decir, el músculo, parecía obrar positivamente; y la interna, el nervio, negativamente: que cerrando la corriente de una botella de Leyde dirigida sobre un nervio, se provocan fenómenos mucho más intensos cuando la corriente sigue una dirección descendente, que cuando es ascendente.

Pfaff observó además que abriendo la corriente se provocan también contracciones; observó aún, que abriendo la corriente, su dirección tenía sobre la intensidad de la contracción una influencia contraria á la que se produce cerrándola. El mismo observador notó que abriendo la corriente ascendente se provocaba un sacudimiento más intenso que abriendo

la corriente descendente. Volta dió mayor precisión á sus experiencias aislando los nervios de sus músculos, y encontró esta misma oposición en los efectos de las corrientes dirigidas en sentido contrario sobre nervios aislados de sus músculos.

Galvani por su parte descubrió también la diferencia que existe cuando se abre ó cierra una corriente, ignorando los trabajos de Pfaff, aunque los de aquel hayan sido posteriores á los de éste.

Ritter hizo una serie de experiencias sobre sí mismo, y observó la misma diferencia de reacción en el momento de la apertura y de la clausura de corrientes ascendentes y descendentes para todos los nervios de los sentidos. Observó además que *las corrientes que atraviesan un nervio durante un tiempo bastante largo*, producen una acción especial sobre la excitabilidad del nervio. Creyó que una corriente descendente disminuye la irritabilidad del nervio, mientras que una corriente ascendente la aumenta; pero Volta le hizo ver que cerrando la corriente durante el tiempo necesario, se disminuye la excitabilidad del nervio con respecto á las corrientes dirigidas en el mismo sentido y que se la aumenta, al contrario, con respecto á las dirigidas en sentido inverso.

Esta ley de alternancia establecida por Volta, fué confirmada por las experiencias de Ritter sobre sí mismo. Observó á la vez con Valli que las perturbaciones de la excitabilidad de un nervio desprendido del cuerpo, están íntimamente ligadas á la destrucción de este nervio, destrucción que procede del centro á la periferia.

Vamos á resumir todas las investigaciones que se han hecho hasta Nobili, pues los trabajos de Volta y Ritter tienen una gran importancia en Electroterapia.

Hé aquí las leyes que hasta entonces se admitían:

1ª La excitación del nervio se produce cuando se cierra ó cuando se abre la corriente, *pero nunca cuando la cadena está cerrada;* sin embargo, hay fenómenos de excitabilidad parti-

culares á los nervios de los sentidos mientras que la corriente está cerrada.

2ª Al cerrar la corriente, se provoca una excitación mucho mayor que al abrirla.

3ª La dirección de la corriente tiene una influencia considerable sobre la excitación del nervio: cuando se cierra una corriente descendente, se provoca una excitación más intensa que cerrando una corriente ascendente; y abriendo una corriente ascendente se obtiene mayor excitación que abrienla corriente descendente. Estas leyes son aplicables á los nervios motores solamente; se comprende que son inversas para los nervios sensitivos.

4ª La ley que precede se encuentra bajo la dependencia del estado de excitabilidad del nervio y puede invertirse completamente en ciertos casos.

5ª Cuando un nervio es recorrido por una corriente, se hace insensible á las corrientes dirigidas en el mismo sentido; pero permanece sensible á las corrientes dirigidas en sentido inverso.

Las cuatro primeras leyes se aplican á la influencia de las corrientes que atraviesan un nervio. La quinta ley se refiere á las modificaciones ulteriores que la corriente ha hecho experimentar á la excitabilidad del nervio. Estas acciones son enteramente indiferentes y deben ser claramente separadas una de otra.

*

Ocupémonos ahora de las *alteraciones que experimenta un nervio atravesado por una corriente*, extractando lo que más nos interese del artículo de donde copiamos lo que antecede.

Nobili demostró que haciendo pasar una corriente en determinada dirección, á través de los miembros de una rana, sumergida por una causa cualquiera en la rigidez tetánica, se logra suspender en el acto el estado tetánico de los mús-

culos, cuyo resultado puede producirse ya sea usando de la corriente descendente ó de la ascendente. Interpretó este hecho suponiendo que el nervio atravesado por una corriente, pierde la facultad de trasmitir los sacudimientos tetánicos.

Mateucci, experimentando á continuación y partiendo de estos resultados obtenidos por Nobili, creyó demostrar que la corriente ascendente era la única que disfrutaba del privilegio de suspender el tétanos, mientras que la descendente, por el contrario, lo exaltaba. Mateucci logró curar, aunque pasajeramente un caso de tétanos empleando una corriente de 30 á 40 elementos á lo largo de la columna vertebral. Después de esto volvió á profesar su primitiva opinión, admitiendo que las dos corrientes disfrutan de la misma propiedad.

Hasta esa época se creía que por los músculos se efectuaba la suspensión del tétanos; pero Valentin fué quien primero vino á demostrar que por los nervios y no por los músculos se efectúa la suspensión del tétanos. Para esto, dispuso su experiencia de la manera siguiente: colocó un nervio ciático entre los electrodos de una pila, electrodos bastante aproximados para no comprender entre ambos sino una pequeña porción del nervio tomado á la altura de la rodilla. En seguida, por medio de una segunda corriente excitó el nervio á su salida de la pelvis, observando que se produce en este caso una conmoción cuando el circuito inferior está roto; pero que desaparece en el acto ó al menos se debilita cuando se cierra este circuito. En esta experiencia se vé, pues, que la parte inferior del nervio atravesado por la corriente, había neutralizado la acción excitante de la corriente superior; pero tan pronto como la corriente inferior era interrumpida, se veían reaparecer las conmociones por la excitación que operaba la corriente superior. Aparece claramente de la explicación que Valentin agregó á la descripción de su experiencia, que reconoce perfectamente *la acción paralizante de la corriente constante.*

Eckrard, por ensayos dirigidos en el mismo sentido, descubrió también *la insuficiencia de las excitaciones químicas ó físicas,*

cuando, entre la parte excitada y el músculo, se establece en cierta extensión del nervio una corriente constante. Añadió á esto que la corriente ascendente goza de un poder paralizante mayor que el de la corriente descendente. Por el contrario, excitando el nervio entre el músculo y la parte del nervio atravesado por la corriente polarizada, la irritabilidad nerviosa aumentaría, según él, cuando la corriente es descendente y disminuiría cuando es ascendente.



Naturaleza de la electricidad.—Potencial eléctrico y fuerza electromotriz.—Ley de Ohm.—Intensidad de una corriente.—Ley de Joule. —Ley de Joule relativa al trabajo producido por las corrientes.—Leyes de Faraday.—Corrientes derivadas.

La electricidad es considerada actualmente como una de las muchas manifestaciones de la energía; como una de tantas formas que la materia nos presenta al pasar de su estado estático á su estado dinámico; del reposo relativo, al movimiento; de las coexistencias á las sucesiones.

La admirable teoría de las ondulaciones, imaginada en un principio para explicar los fenómenos luminosos solamente, satisfizo á tal punto las aspiraciones de los hombres científicos, que muy pronto la generalizaron al calor y últimamente á la electricidad, el magnetismo, los fenómenos químicos, biológicos, etc.

La electricidad es una energía capaz de presentarse como todas, bajo una de dos formas: coexistencias ó sucesiones, es decir, potencial ó dinámica. Ejemplo: una botella de Leyde cargada, representa una energía potencial; si con una mano se toma la armadura externa y la otra mano se acerca á la armadura interna, un formidable choque prueba que la energía potencial se hizo actual, es decir, se convirtió en una fuerza viva, ejecutó un trabajo. Lo mismo pudiéramos decir de una máquina de vapor cargada y en reposo, y de una máquina en marcha.

Para comprender la verdadera significación del potencial eléctrico, término usado con suma frecuencia en este género de estudios, y que se aplica á una noción muchas veces confundida con otras, sería preciso, por el camino más corto, recurrir á consideraciones que sólo las matemáticas superiores pueden sugerir. Y sin embargo, los autores prácticos de electricidad se esfuerzan por dar una idea, superficial siquiera, de su significación, conociendo la importancia que tiene comprenderla para quien estudia la electricidad.

Por nuestra parte, creemos que toda la dificultad estriba en que los autores de electricidad, no siempre comunican en sus obras ciertas nociones de mecánica que allanan la cuestión y precisan las ideas. Como nosotros, ante todo, deseamos presentar las nuestras con toda la claridad posible, expondremos esas nociones en pocas palabras.

Principio de la conservación de la energía.—El lugar que un cuerpo ocupa en el espacio, depende de una serie de transformaciones de la materia que lo han conducido á ese punto en ese instante y cuya serie es infinita, cuyo principio y fin escapan al hombre. La energía que un cuerpo posée, en un momento dado, le ha sido comunicada por otro que ejecutó un trabajo, cuyo trabajo tuvo por resultado comunicar energía al cuerpo considerado; y este cuerpo á su vez, será capaz de devolver la suma de trabajo que se le comunicó. Hé aquí un ejemplo de la mecánica: Cuando á un reloj se le da cuerda, el trabajo que almacena energía en el reloj, es el trabajo muscular. Esta cuerda devolverá á su vez en un tiempo más ó menos largo el mismo trabajo que le fué comunicado y que guardó bajo la forma *potencial* mientras no marchó el reloj. La química, la fisiología, las matemáticas, en fin, todas las ciencias nos ofrecen ejemplos de esto mismo, y no sólo nos comprueban con ellos la integridad con que un trabajo es devuelto bajo la misma forma en más ó menos tiempo, sino que hay una equivalencia recíproca entre los trabajos de las fuerzas, cualesquiera que sean sus formas: calor, luz, electricidad, vida, etc. Hé aquí un

ejemplo de esta transformación de un trabajo en otro, de un trabajo mecánico en calor: 425 kilográmetros de trabajo son capaces de elevar la temperatura de un kilógramo de agua un grado centígrado y vice-versa. Hé aquí otro: Un hombre trabaja poniendo en movimiento el disco de una máquina electrostática. Supongamos que produce una vuelta cada dos segundos, ó sean 30 por minuto y que cada vuelta representa el trabajo de 5 kilográmetros; 30 vueltas representarán 150 kilográmetros de trabajo almacenados, supongamos también, en una botella de Leyde. Si la descarga de la botella, una vez cargada de electricidad, la efectuamos en un segundo sobre un músculo, equivaldrá á que descarguemos un golpe de 150 kilógramos desprendidos á un metro de altura sobre el músculo. Suponiendo que el músculo recorra en su contracción diez centímetros, será capaz de levantar, bajo la influencia de esta descarga, un peso de 1,500 kilógramos á 10 centímetros de altura, y así sucesivamente.

En este ejemplo hemos supuesto para mayor sencillez que á causa del desperdicio, el movimiento que el hombre imprime al manubrio es uniforme; pero si suponemos que el aislamiento de la máquina con el suelo es idealmente perfecto, las cargas sucesivas que vaya recibiendo la botella, obrarán impidiendo que sucedan nuevas, lo cual dará por resultado que el movimiento que el hombre imprime tienda á hacerse uniformemente retardado. Para suponerlo uniforme, hay que suponer también que el hombre, á cada vuelta, redobla su trabajo, llegando el momento en que será tal la energía de la carga, que supere el trabajo del hombre y éste no pueda continuar accionándola. Si se supone que la máquina está perfectamente aislada, la máquina puede devolver imprimiendo por sí sola un movimiento inverso al manubrio, todo el trabajo que la cargó.

Trabajo. Fuerza viva. Estado potencial de una fuerza.—Hemos visto, por los ejemplos que preceden, que un trabajo supone la verificacion de otro. El agua que se encuentra á cierta altura en un depósito, fué elevada hasta aquella al-

tura por un trabajo, y al descender, devolverá parte ó todo el trabajo que almacena, según la utilicemos á una diferencia de altura con el suelo, más ó menos grande. Pues bien, la suma del trabajo que eleva el agua y la del trabajo que es capaz de devolver, se llama en mecánica, *trabajo total*. Cada uno de aquellos es la mitad del otro, puesto que son iguales, y de aquí viene que la *fuerza viva* tenga por expresión la mitad del producto de la masa por el cuadrado de la velocidad.

Se llama *trabajo*, el producto de la intensidad de una fuerza por el camino que recorre el punto de aplicación de esta fuerza.

En el ejemplo que acabamos de citar, la fuerza muscular de un hombre, por ejemplo, recorriendo una distancia igual á la altura á que el hombre eleva el agua, ejecuta un trabajo que se almacena en el depósito de agua. Mientras no se use el agua, ese trabajo guardado en el depósito, es una energía potencial cuyo valor tiene la misma expresión matemática que el trabajo que la engendró. La fuerza viva, será la devolución de aquel trabajo, la trasformación de esa energía potencial en energía actual, ó de esa energía en movimiento.

Estas nociones y estos ejemplos nos bastarán para comprender lo que es el potencial eléctrico.

Desde luego se observa que los electricistas se valieron de un término de la mecánica para los usos de su ciencia, lo que inclina á creer que lo adoptaron por analogía. En efecto, el potencial eléctrico, como el mecánico, puede definirse de varias maneras. Como una energía cualquiera proviene siempre de un trabajo previo que la ha engendrado, el valor de esta energía puede definirse por el valor del trabajo que la produjo. Como esta energía es capaz de producir un trabajo, se la puede definir por ese trabajo que es capaz de producir, y de aquí dimanan dos diferentes definiciones que se pueden dar del potencial. Hé aquí una definición: *El potencial eléctrico en un punto cualquiera, es el número de unidades de trabajo que corresponden al desalojamiento de una unidad de electricidad positi-*

ra, desde este punto hasta el suelo, por un camino cualquiera. (Mascart et Joubert).

Veamos ahora lo que es "fuerza electro-motriz:"

El potencial tiene dos diferentes signos: uno positivo y otro negativo, según es el sentido en que tienden á obrar las fuerzas mientras existen latentes, ó en que obran al ejecutar un trabajo. El valor positivo ó negativo del potencial de un cuerpo, indica, pues, el sentido en que se verificará un trabajo, si el cuerpo electrizado lo ejecuta, y la importancia del trabajo. La diferencia de los potenciales en los polos de una pila, es lo que se llama *fuerza electromotriz.* Mientras mayor es esta diferencia, mayor será el valor de la fuerza electromotriz, de la misma manera que la fuerza viva de una molécula de agua contenida en el tubo de comunicación de dos depósitos de agua, aumenta de valor con la diferencia de los niveles de los dos depósitos, al comunicarlos.

El potencial en un polo de una pila, depende de la energía electro--química de la pila, es decir, de la cantidad de calor desprendido por la reacción química, y cuyo calor es lo que se convierte en electricidad por medio de las pilas, como lo ha demostrado M. Berthellot. [1] Así, por ejemplo: en una pila de Daniell, el calor que desprende la sustitución del zinc al cobre en el sulfato de cobre disuelto, no puede descomponer el agua, porque esta sustitución química sólo desprende +26,2 calorías, mientras que la descomposición del agua, absorbe +34,5 calorías. Para lograr el resultado es preciso disponer á lo menos dos elementos en tensión, es decir, de manera que sus energías respectivas se sumen desprendiendo así +52,4 calorías, cifra superior á +34,5.

En virtud de la facilidad con la cual se puede obtener una gran energía eléctrica disponiendo las pilas en tensión, fácil es comprender por qué no hay compuesto químico conductor, por enérgico que sea, que resista al poder disociante de una batería eléctrica dispuesta convenientemente.

Vice versa: los cuerpos que requieren energía para entrar

1 Bertellot. Essai de mécanique chimique fondée sur la thermochimie.

en combinación, los endotérmicos de M. Berthellot, pueden verificar su combinación por medio de la electricidad.

LEY DE OHM.

La intensidad de una corriente es proporcional á su fuerza electromotriz, é inversamente proporcional á la resistencia del circuito que atraviesa. Designando por I la intensidad, por E la fuerza electro-motriz, y por R la resistencia, esta ley puede formularse así:

$$I = \frac{E}{R}$$

Intensidad de una corriente, es pues, la relación de la fuerza electro-motriz á la resistencia del conductor (pila y circuito exterior).

En una pila hay que distinguir su propia resistencia y la del conductor exterior que une sus polos. Designando por R la resistencia interior de la pila y por r la resistencia exterior del circuito, la expresión anterior toma la siguiente forma:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

De esta se deduce, entre otras cosas, que cuando la resistencia interior y exterior de la pila aumentan, la intensidad de la corriente disminuye, puesto que es inversamente proporcional á la resistencia del circuito.

LEY DE JOULE.

La cantidad de calor W, desprendida en un conductor, es proporcional á la resistencia del conductor R, al cuadrado de la intensidad I de la corriente, y al tiempo t durante el cual pasa la corriente:

$$W = RI^2t$$

Esta ley demuestra que cuando el circuito (ya sea el interior de la pila ó el exterior) ofrece una resistencia desproporcionada, se pierde parte de la corriente convirtiéndose en calor, luz, etc., pues esta ley es aplicable en general á todas las transformaciones de la electricidad.

La *intensidad máxima* de una pila se obtiene cuando la resistencia del circuito interior de la pila es igual á la del circuito exterior, es decir, en el caso en que se tiene:

$$I = \frac{E}{2R}.$$

Ley de Joule relativa al trabajo producido por las corrientes.— Como ya dijimos, la electricidad se trasforma por la misma ley de Joule, en luz, magnetismo, trabajo químico, sonido, trabajo mecánico, etc.

Combinando su expresión con la de la ley de Ohm, resultan nuevas formas de ambas leyes.

La ley de Ohm $I = \frac{E}{R}$ puede expresarse también así: $IR = E$. Sustituyendo este valor de E en la ley Joule, $W = RI^2t$, resulta: $W = EIt$.

Sustituyendo el valor de I de la ley de Ohm, en la ley de Joule, se tiene

$$I = \frac{E^2t}{R}$$

LEYES DE FARADAY.

La cantidad de acción electrolítica es la misma á cada instante en todos los puntos de un circuito.

La cantidad del cuerpo,[1] *puesto en libertad por la corriente en la unidad de tiempo, es proporcional á la intensidad de la corriente.*

1 Iones son los cuerpos producidos por la electrolisis. *Aniones* los que se precipitan en el anodo ó polo positivo, y *kationes* los que se precipitan en el katodo ó polo negativo.

La cantidad de un cuerpo puesto en libertad por la corriente, en un segundo sobre un electrodo, es igual á la intensidad de la corriente multiplicada por el equivalente electro–químico[1] *de dicho cuerpo.*

La ley de Faraday puede expresarse así:

$$Q = I t$$

Y en virtud de esta ley, la de Joule sobre el calor y el trabajo puede expresarse también, sustituyendo I t por Q en la fórmula $W = E I t$:

$$W = E Q$$

CORRIENTES DERIVADAS.

Leyes de Kirchhoff.—1º *Si varios conductores terminan en un mismo punto, la suma algebraica de las intensidades de las corrientes sobre cada uno de ellos, contadas partiendo de este punto, es nula.*

2º *Si varios conductores forman un polígono cerrado, la suma de los productos de la resistencia de cada conductor por la intensidad de la corriente correspondiente, es igual á la suma algebraica de las fuerzas electro–motrices que existen sobre el contorno considerado, y por consiguiente nula si no hay fuerza electro–motriz.*

UNIDADES ELÉCTRICAS.

Sistema C. G. S.—Unidades fundamentales.—El Congreso Internacional de Electricistas reunido en Paris el año de 1881, en su sesión del 19 de Septiembre, adoptó un sistema funda-

1 Equivalente electro–químico de un cuerpo es la relación de la cantidad de electricidad que atraviesa una cuba electrolítica, á la masa del cuerpo librado por su acción. El equivalente electro–químico es proporcional al equivalente químico. Recíprocamente, la cantidad de electricidad que ha atravesado á un electrólito en un tiempo dado, es igual á la masa del *ion* librada, dividida por el equivalente electro-químico de este *ion*.

mental de unidades eléctricas que fué denominado "Sistema Centímetro, Gramo, Segundo," ó por abreviatura, "Sistema C. G. S."

Las unidades fundamentales de este sistema son:

El centímetro, ó centésima parte del metro–talón de platino del Observatorio de Paris, á 0°C.

La masa del centímetro cúbico de agua destilada á la temperatura de 4° C., como unidad de masa, llamada gramo–masa.

El segundo sexagesimal de tiempo medio, como unidad de de tiempo.

UNIDADES DERIVADAS.

Las unidades derivadas de este sistema, son muy numerosas. Pueden dividirse en cinco grupos:

1º Unidades geométricas. 2º Unidades mecánicas. 3º Unidades magnéticas. 4º Unidades eléctricas. 5º Diversas unidades que á más de éstas se emplean constantemente en las aplicaciones eléctricas.

Como las unidades eléctricas del 4º grupo que serán las que más nos interesen están fundadas en unidades geométricas, mecánicas, etc., forzoso nos será exponer estas de antemano.

UNIDADES DERIVADAS DEL SISTEMA C. G. S.

Unidad de velocidad.— En un cuerpo animado de un movimiento uniforme, se entiende por velocidad el camino que recorre por unidad de tiempo. La velocidad *en un instante dado* de un cuerpo cuyo movimiento no es uniforme, es el camino que recorrería durante la unidad de tiempo, en virtud de su inercia, si las causas que hacen variar su velocidad, cesasen de obrar en este instante.

Cantidad de movimiento, es el producto de la masa M, por la velocidad V. La cantidad de movimiento adquirida por

un móvil, es igual á la impulsión de una fuerza F, al cabo de un tiempo t.

$$F\,t = M\,V$$

Si las masas de dos ó más cuerpos son iguales, las velocidades son proporcionales á las fuerzas; y si las velocidades comunicadas son iguales, las fuerzas son proporcionales á las masas.

La unidad C. G. S. de velocidad, es la velocidad de un cuerpo que recorre un centímetro por segundo.

Unidad de aceleración.—Un cuerpo animado de un movimiento uniforme y sujeto á la acción de una fuerza constante, es susceptible de experimentar cambios en su velocidad que aceleren ó retarden su movimiento. Si la acción de la fuerza se ejerce en el mismo sentido que el movimiento, la velocidad será aumentada y el movimiento acelerado, y viceversa.

La unidad de aceleración es un cambio de velocidad, en más ó en ménos, de un centímetro por segundo.

Unidad de fuerza.—La fuerza es proporcional á la aceleración que imprime á una masa determinada, y se mide por el efecto que produce.

La unidad C. G. S. de fuerza es la fuerza necesaria para imprimir una aceleración de un centímetro por segundo á la unidad de masa ó sea el gramo-masa. Esta unidad de fuerza se llama *dina*, de δύναμις, fuerza. Se hace uso igualmente de un múltiple, la *megadina*, de un millón de dinas.

La *dina*, como ya dijimos, es la fuerza necesaria para comunicar á la unidad de masa (el gramo-masa) una aceleración de un centímetro por segundo. Como la atracción terrestre ó gravedad ejerce una aceleración de $9^{m}.78$,[1] ó 978 centímetros por segundo sobre la unidad de masa (gramo-masa), resulta que la *dina*, que sólo comunica una aceleración de un

1 En Paris, la aceleración debida á la gravedad es de 981 centímetros por segundo. Como esta fuerza varía con la latitud, todas nuestras apreciaciones las haremos basándolas en la cifra de $9^{m}.78$ que obtuvo el notable astrónomo D. Francisco Jiménez, para México.

centímetro á la misma masa del gramo, será $\frac{1}{978}$ de la atracción terrestre en México, ó sea del gramo-peso (pues el peso es el producto de la masa por la intensidad de la pesantez: $P = M \gamma$), luego 1 dina $= \frac{1 \text{ gramo-peso}}{978}$ y por consiguiente, 978 dinas = 1 gramo-peso. La dina representa, pues, aproximadamente un milígramo.

Unidad de trabajo.—La unidad C. G. S. de trabajo, es el *Erg* (del griego ἔργον, trabajo), y representa el trabajo producido por una fuerza de una *dina*, haciendo recorrer *un centímetro* al gramo. Se emplea también un múltiple que es un millón de veces mayor, el *mega-erg.*

Como un kilógramo vale 1000 gramos, y el metro 100 centímetros, y como

1 erg = 1 dina × 1 centímetro = $\frac{1 \text{ gramo}}{978}$ × 1 centímetro y 1 gramo = 978 dinas, resulta que

1 grámetro = 978 dinas × 100 centímetros = 97800 ergs, y un kilográmetro (kgm.), que vale 1000 veces más............ = 97.800,000 ergs, ó sea 97.8 megaers, y por consiguiente, un caballo de vapor que vale 75 kgms., será igual á 97.800,000 × 75 = 7335 megaergs.

Unidad de calor.—La unidad C. G. S. de calor es la caloría gramo-grado; ó sea la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua. La caloría industrial ó gran caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un kilógramo de agua. Esta es, pues, 1000 veces mayor que la caloría C. G. S.

Equivalente mecánico del calor.—A fin de averiguar la equivalencia en calor del trabajo representado por el *erg*, necesitamos recordar que una caloría representa 425 kilográmetros, como quedó definitivamente demostrado por Joule.

Ya hemos visto que 1 kilográmetro=97.800,000 ergs. Como una caloría kilógramo-grado = 425 kilográmetros, resulta que una cal. kilóg. gr. es igual á 97.800,000 ergs × 425 = 41,565.000,000 ergs.

Como la cal. C. G. S. es mil veces más pequeña que la in-

dustrial, resulta que 1 cal. gmo. gdo. $= \frac{41.565.000.000}{1,000} = 41.565,000$ ergs ó sean 41.5 megaergs, cerca de 42 megaergs.

1 kilográmetro es por consiguiente $= \frac{1 \text{ caloría kilóg. gdo.}}{425}$ y un erg $= \frac{1}{41,565,000}$ de caloría gmo. gdo. ó sea próximamente $\frac{1}{42.000,000}$ de caloría gmo. grado.

Como el caballo de vapor vale 75 kilográmetros, y como la cal. kgmo. gdo. = 425 kilográmetros, podemos inferir que un caballo de vapor $= \frac{75}{425}$ de caloría kilóg. gdo. = 0.17648 de caloría. Por el contrario, 1 cal. kilóg. gdo. $= \frac{425}{75} = 5.66$ caballos de vapor.

UNIDADES ELÉCTRICAS.

Unidad C. G. S. de cantidad de electricidad.—La unidad C. G. S. de cantidad de electricidad, es una carga tal que obrando á la distancia de un centímetro sobre una carga igual á ella, desarrolla una fuerza de una *dina.* La unidad práctica de cantidad de electricidad, es tres billones de veces mayor que aquella, y se llama *Coulomb.* Se usa también un múltiple del coulomb, llamado mega–coulomb de un millón de coulombs y un sub–múltiple llamado micro–coulomb, un millón de veces más pequeño.

Unidad de potencial.—Conforme á la definición que dimos antes del potencial, la unidad de potencial es *una energía tal, que sea capaz de producir el trabajo de un erg para conducir desde el infinito un coulomb.* La unidad de diferencia de potencial ó unidad de fuerza electromotriz, será pues la energía necesaria para conducir con un *erg* de trabajo la cantidad de un *coulomb*, desde un punto cuyo potencial está más bajo, hasta un punto cuyo potencial está más elevado. Como esta unidad sería muy pequeña para la práctica, se emplea una unidad 10 millones de veces mayor, llamada *Volt.*

Hemos visto que 1 kilográmetro=97.800,000 ergs, por consiguiente: 10.000,000 ergs$=\frac{1}{9.78}$, de lo cual resulta que el Volt es la diferencia potencial que existe cuando se necesita gastar

$\frac{1 \text{ kilográmetro}}{978}$ para trasportar un Coulomb desde el punto donde el potencial es más bajo, hasta el punto donde el potencial es más alto.

De aquí se deduce que para obtener en kilográmetros el trabajo necesario para trasportar una carga cuyo potencial es determinado, en virtud de la fórmula del trabajo $W = Q E$, se multiplica el número de Volts por el número de Coulombs y se divide por 978

$$W = \frac{Q E}{978}$$

Unidad de capacidad.—Se entiende por capacidad eléctrica de un cuerpo, la cantidad de electricidad que contiene á un potencial determinado. La unidad de capacidad se llama *Farad* (del nombre del físico Faraday), y conforme á la definición anterior, es la capacidad de un conductor que encierra un *Coulomb* de electricidad, al potencial de un *Volt*. Esta capacidad es considerable para las necesidades de la práctica y se ha adoptado un sub-múltiple, el microfarad, que es un millón de veces menor.

Unidad de resistencia.—Todos los cuerpos ofrecen al paso de la electricidad una resistencia variable que depende de su naturaleza, a, de la longitud del conductor l, y que es inversamente proporcional á la sección de este conductor s, así como de varias otras circunstancias que influyen en menores proporciones.

La expresión de esta ley, es la siguiente

$$R = a \frac{l}{s}$$

Los metales son los cuerpos mejores conductores de la electricidad, en seguida lo son menos los metaloides, y por último, las resinas, el vidrio, la gutta-percha, el caoutchouc, la mica, el aire seco, etc.

Como que la resistencia que un cuerpo ofrece al paso de la corriente eléctrica modifica las condiciones de su manifesta-

ción, es interesante su conocimiento para la buena inteligencia de las leyes que gobiernan su distribución en los cuerpos.

De la ley de Ohm que antes hemos enunciado y formulado así:

$$I = \frac{E}{R}$$

se deduce que haciendo I = 1 Ampère y á E = 1 Volt, resultará que R = 1 Ohm. De manera que la unidad de resistencia llamada *Ohm*, deberá ser la resistencia que oponga un circuito cuya fuerza electromotriz sea de 1 Volt y permita el paso de una corriente cuya intensidad sea igual á la unidad (1 Ampère), en un segundo.

Unidad de intensidad.—De la ley de *Ohm* se deduce lo que es intensidad de una corriente. La unidad de intensidad se llama *Ampère*. Es la intensidad de una corriente cuya fuerza electromotriz es de 1 *Volt*, circulando á través de un conductor cuya resistencia es de 1 *Ohm*.

La ley de Ohm establece que:

$$1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Volt.}}{1 \text{ Ohm.}}$$

Unidad de trabajo eléctrico.—La unidad de trabajo eléctrico se llama Joule ó Volt–Coulomb, unidad deducida de la expresión:

$$W = Q E$$

Unidad de potencia eléctrica—La unidad de potencia se llama Watt ó Volt–Ampère, unidad deducida de la expresión:

$$W = E I$$

Para obtener en kilográmetros el valor de un trabajo ó de una potencia, se divide cada una de estas expresiones por 978. Así:

$$W = \frac{Q E}{978}, \qquad W = \frac{E I}{978}$$

Pilas voltaicas más usuales.—Aparatos de corriente constante. Colectores.—Reóstatos.—Usos del reóstato.

Sólo nos proponemos mencionar aquí las pilas más perfectas que hasta ahora se han empleado en los usos médicos, reputando como tales las que más se ajusten á las condiciones que adelante exponemos, y otro tanto decimos de los colectores destinados al uso de estas pilas, á fin de no extender demasiado este trabajo. Hacemos mención de dichos colectores para señalar los defectos de que aún adolecen para ciertas aplicaciones de la corriente y cuyos defectos son los que tratamos de remediar.

Las cualidades que debe tener una buena pila, son las siguientes:

1º Su fuerza electromotriz deberá ser la máxima posible.

2º Su resistencia interior, la mínima y constante.

3º Las sustancias químicas que entren en su formación deberán ser baratas.

4º El consumo de la pila deberá ser nulo mientras la pila no funcione.

Ninguna de las pilas inventadas hasta hoy llena todos estos requisitos á la vez, ni al mismo grado. Fundándonos en estas condiciones, creemos que las mejores pilas son las siguientes:

La pila de bisulfato de mercurio (Marié–Davy).

La pila de sulfato de cobre (Daniell).

La pila de Léclanché.

Aparatos de corriente constante.—Los aparatos destinados á las aplicaciones de la corriente constante, han ganado considerablemente con los adelantos de la electrofisiología, de la electroterapia, con los de la electricidad y con los procedimientos nuevos de construcción. Lo primero que indujo á la modificación de las antiguas pilas, fué la necesidad de remediar los fuertes sacudimientos nerviosos y musculares que se observaban cuando se hacía la aplicación directa de un cierto número de elementos de una sola vez. Esas primeras modificaciones que se hicieron, consistían en tomar por grupos de 4 ó 5, y posteriormente, los aparatos modernos, por grupos de 2 ó 3 elementos á lo más, ó de uno en uno, todos los necesarios para alcanzar la intensidad apetecida en la corriente. Se inventaron entonces para este uso ciertos anexos que se llamaron colectores, por medio de los cuales se introducen ó retiran del circuito los elementos que toman parte en la corriente.

No creemos del caso hacer una relación completa de los colectores empleados hasta hoy. Bastará describir el aparato más perfecto que se ha inventado para las aplicaciones médicas, el aparato de Gaiffe de corriente constante, cuyo colector es la obra más ingeniosa, acabada y mejor adaptada al género de pilas que usa ese constructor.

Aparato Gaiffe de corriente constante.—Este aparato consiste en una caja de caoba que guarda un número variable de elementos (desde 10, hasta 60 ú 80) del mismo autor, modificación de la pila Léclanché tan reputada, elementos dispuestos en tensión. La modificación que hizo M. Gaiffe consistió en sustituir el antiguo vaso poroso de aquellas pilas por un cilindro hueco de carbón, que contiene carbón en granos dispuesto en capas que alternan con capas de peróxido de manganeso agujado. A un lado del cilindro de carbón, dispuesto verticalmente como él y á cierta distancia, se encuentra un cilindro delgado de zinc amalgamado, todo lo cual sumer-

ge en una solución de cloruro de zinc (en vez de sal amoniaco) contenida en un vaso exterior de vidrio.

La reacción química de esta pila, es la siguiente: el zinc al contacto de la solución de cloruro de zinc descompone el agua y forma oxicloruro de zinc y óxido de zinc, que caen al fondo del vaso cuando el zinc está bien amalgamado. El hidrógeno restante de la descomposición del agua se dirige al carbón, atraviesa sus paredes y reduce el peróxido de manganeso contenido en su interior, formando agua:

$$Zn, Cl + Zn + 2\,HO = Zn\,Cl, HO + Zn\,O + H$$
$$Mn\,O^2 + H = Mn\,O + H\,O.$$

Esta segunda reacción es la que despolariza la pila, es decir, aprisiona el oxígeno desprendido por la descomposición del agua en la primera reacción y que al tender constantemente á recombinarse con el oxígeno del agua que abandonó, produce una fuerza contraelectromotriz ó de polarización que debilita la pila.

La fuerza electromotriz de esta pila, es de 1.35 volts, su resistencia interior (en los elementos pequeños) es de 6 á 8 ohms. El consumo de esta pila es nulo á circuito abierto, y por último, es una pila muy constante, como requiere serlo una pila para usos médicos.

De los datos que anteceden, podremos deducir en virtud de la fórmula de Ohm, que la intensidad de 10 elementos, por ejemplo, dispuestos en tensión, y teniendo que vencer una resistencia media en las aplicaciones médicas de 1,000 ohms, será:

$$I = \frac{n\,E}{R} = \frac{13}{1000} = 0.013 \text{ miliampères.}$$

A continuación exponemos un cuadro de las constantes de diversas pilas, que nos permitirá comparar fácilmente el grado en que llenan estas diversas pilas, dos de los requisitos de una pila perfecta; es decir, su fuerza electromotriz y su resistencia interior.

Nombres de las pilas.	Fuerza electromotriz en Volts.	Resistencia inter. en Ohms.
Pila de Gaiffe (modelo pequeño)	1.35	6 ohms.
„ de Daniell	1.07	15 „
„ Bisulfato de mercurio (Marié-Davy)	1.55	8 „
„ Onimus	1.07	15 „
„ Bicromato de potasa (Poggendorff)	1.75	Casi nula.

Desde luego se ve por el cuadro que antecede que la pila de bicromato de potasa tiene mayor fuerza electromotriz y menor resistencia que las demás; pero junto á estas ventajas tiene los siguientes inconvenientes de que no adolece la pila Gaiffe:

1º Es muy inconstante; 2º Se poraliza pronto y funciona poco tiempo; 3º Funciona aunque el circuito esté abierto, lo que obliga á emplear aparatos que tengan por objeto retirar los zincs; 4º Tanto el bicromato de potasa como el de sosa ó como el ácido crómico, que indistintamente pueden usarse en esta pila, son sustancias muy caras; y 5º El líquido que se emplea es muy corrosivo porque contiene ácido sulfúrico.

La pila Daniell es muy constante; pero en cambio su fuerza electromotriz es muy débil y ofrece mucha resistencia interior.

La de bisulfato de mercurio tiene los graves inconvenientes, 1º de exigir sustancias muy caras y 2º de funcionar á circuito abierto.

La pila de Onimus ha sufrido graves críticas porque ofrece mayor resistencia interior que la pila Daniell á igual fuerza electromotriz que ésta. Además se gasta á circuito abierto.

No queda exenta de estas críticas sino la pila Gaiffe que si bien está lejos del ideal, tiene la gran ventaja de ser barata, constante, duradera, y la de no funcionar á circuito abierto. Si es cierto que su fuerza electromotriz no es tan grande como la de la pila de bicromato, tampoco es tan pequeña como la de Daniell. Las pilas de gran energía como las de bicromato y las de Bunsen, pronto consumen su carga porque producen todo el trabajo que representa su carga en poco tiem-

po; son pilas de mucha potencia, son pilas de muchos Watts. Las pilas Gaiffe, Daniell, Léclanché, etc., son al contrario pilas cuyo trabajo podrá en suma ser el mismo, pero repartido en mayor tiempo, de manera que toca á menos por unidad de tiempo; son pilas, en una palabra, de muchos Joules y pocos Watts. Olvidábamos decir, por último, que las pilas de Gaiffe se conservan en un estado de perfecta limpieza, pues el cloruro de zinc no es como el cloruro de amonio una sal rastrera que ataca los tornillos, ni tampoco un líquido corrosivo que deteriora los aparatos.

Colector del aparato Gaiffe.—Este anexo está destinado á introducir en el circuito los elementos progresivamente, tomándolos de dos en dos. Consta de un número de botones metálicos doble del de las pilas y dispuestos circularmente sobre la cubierta de la caja formando dos grupos. Cada uno de los botones está ligado á un par de elementos y al correspondiente botón del otro círculo, de manera que los dos círculos de botones se comunican entre sí número con número. En el centro de cada uno de los círculos de botones existe un manubrio metálico que puede unir éstos con los extremos de la corriente, terminados por dos tornillos donde se insertan los electrodos, y por último en la tapa se halla un galvanómetro dividido en miliampères y dispuesto en tensión en el circuito.

Las ventajas de este colector, son las siguientes: 1º Permite usar el grupo de elementos que se quiera. 2º Introducir ó retirar la corriente por el polo positivo (anodo) ó por el negativo (katodo), lo cual tiene mucha importancia, como lo ha demostrado Pflüger; de manera que se presta admirablemente para el estudio de la reacción de degeneración de Erb, y 3º Recorrer elemento por elemento para vigilar su buen funcionamiento.

Reóstatos. Cajas de resistencias.—Estos instrumentos sirven para modificar la resistencia de un circuito eléctrico, influyendo á voluntad, por este medio, sobre su intensidad, cantidad ó energía. Se denominan especialmente cajas de resistencias, los instrumentos que en forma de cajas contienen

una serie de carretes de resistencia determinada dispuestos en serie y cuyos carretes pueden ser introducidos ó retirados de un circuito, sin interrumpirlo, por medio de clavijas ó tornillos metálicos que obran estableciendo un circuito derivado de menor resistencia. Esta última disposición es la más empleada para los usos médicos, y existen diversos modelos de los fabricantes Gaiffe, Trouvé, etc. El modelo Gaiffe, más común, contiene 41,110 ohms, repartidos en carretes de 1, 10, 20, 50, 100, ohms, etc. Cada carrete tiene marcada su resistencia sobre la cubierta de la caja donde existen los tornillos correspondientes, entre los cuales se interponen ó retiran las clavijas destinadas á retirar ó interponer una resistencia.

El reóstato de agua consiste esencialmente en un tubo de vidrio cerrado en sus extremidades con unos casquillos metálicos atravezados, cada uno segun el eje del tubo, por dos tallos de platino, uno de los cuales está fijo al casquillo y el otro puede deslizar por frotamiento dentro del tubo. Se llena éste con agua acidulada y cada tallo se pone respectivamente en comunicación con un polo de la fila. Al alejar ó acercar un tallo al otro, se aumenta ó disminuye la resistencia en el circuito, interponiendo por este mecanismo, una columna líquida de altura variable.

Este reóstato tiene dos graves defectos que lo proscriben de la práctica: En primer lugar, se polariza, es decir que obra como un voltámetro donde se verifica la descomposición del agua desprendiéndose gases que invaden los tallos de platino, hacen variar considerablemente su resistencia y crean una fuerza contra-electromotriz que debilita gradualmente la intensidad de la corriente. En segundo lugar, como el agua es una sustancia que presenta una enorme resistencia aún cuando sea acidulada, en uno ó dos centímetros de distancia que medie entre los tallos de platino, existe á veces una resistencia de 100,000 ó 200,000 ohms, por cuyo motivo no se puede dar mucha precisión á su manejo.

Otro modelo de Reóstato es el de Wheatstone que se destina especialmente á los estudios de electrometría por ser muy

preciso. Aprecia fracciones de ohms y contiene á lo sumo 20 ó 30.

La descripción de este instrumento se encuentra en todos los tratados de Física y no nos detendremos en hacerla. Su principal defecto para nuestras miras, reside en su poca resistencia. En lo sucesivo veremos que un reóstato propio para usos médicos, debe contener grandes resistencias para producir cambios de intensidad en grande escala.

Por último, el reóstato ó reocordio de Poggendorff es un modelo muy sencillo que se emplea también en electrometría apropiándose muy bien al estudio de las resistencias por el procedimiento del puente de Wheatstone. Su resistencia es tambien muy pequeña.

Usos del reóstato.—En todos los tratados de electricidad industrial y médica, se encuentran descritos los diversos servicios que presta el reóstato. Con el fin de hacer manifiesto el nuevo empleo y la gran utilidad que hemos encontrado á este instrumento, á cuyo objeto nos propusimos escribir esta tesis, vamos á recorrer aquellos usos para distinguirlos del nuestro.

Los usos del reóstato descansan todos en la ley de ohm y en las leyes de Kirchhoff. Si en una corriente se aumenta ó disminuye la resistencia del circuito, disminuirá ó aumentará su intensidad. Se disminuye, pues, la intensidad de una corriente interponiendo una resistencia. Esta resistencia adicional puede establecerse de dos maneras: en tensión ó en derivación. Si se dispone en derivación, la intensidad de uno de los circuitos, el principal ó cualquiera de los derivados, se averigua por medio de las expresiones

$$I = \frac{E}{R + \frac{r\,r'}{r + r'}} \qquad i = I\,\frac{r'}{r + r'} \qquad i' = I\,\frac{r}{r + r'}$$

en que I representa la intensidad del circuito principal i é i' los de los circuitos derivados y respectivamente r y r' sus resistencias. Estas expresiones se obtienen de las leyes de Kirchhoff.

En tensión ó en derivación es, pues, como se dispone el reóstato para las aplicaciones médicas cuando se quiere influir en la intensidad de una corriente, sin aumentar ó disminuir el número de pilas. El Dr. Bardet dice con razón que una caja de resistencias y un galvanómetre hacen el mismo papel en la dosificación de la electricidad, que una caja de pesas y una balanza en la dosificación de los medicamentos.

En la obra del Sr. Bardet se encuentra recomendado el reóstato como condensador, á juzgar por la crítica que hace del Dr. Onimus, quien construyó una pila deseando obtener *muy poca acción química*, como él dice, y con cuya pila entiende el Dr. Bardet que deseaba obtener corrientes de muy poca cantidad y gran tensión. El Dr. Bardet aconseja entonces, si tensión se quiere, que se interponga un reóstato, para aumentar la descarga, sin duda. Sin embargo, para este uso podemos asegurar que hay algo más científico: el condensador de medio microfarad que recomienda el Dr. Boudet de París, quien ha emprendido estudios llenos de porvenir sobre sus efectos, sellándolos desde luego con la precisión matemática.

En electrometría se emplea el reóstato con mucha frecuencia para medir resistencias, intensidades, etc., por diversos procedimientos, por ejemplo: el del puente de Wheatstone, el del galvanómetro con shunt, etc.

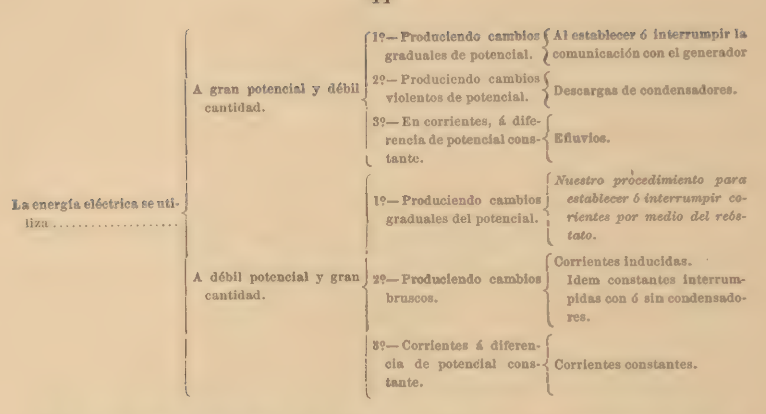
El estesiómetro y algunos audiómetros eléctricos poseen reóstatos para aumentar ó disminuir las intensidades de las corrientes en esos aparatos, destinados, el primero, á medir la agudeza sensual, y los segundos la agudeza del oído.

El cambio súbito del potencial de una corriente ó de una carga eléctrica en un organismo, produce efectos mecánicos que excitan el nervio ó el músculo. En consecuencia, el máximum de la accion calmante ó paralizante de un efluvio ó de una corriente, se obtendrá, procurando que los cambios de potencial se verifiquen gradualmente al cerrar ó al abrir efluvios y corrientes. —Nuevo modelo de reóstato que llena esta indicación terapéutica y electrofisiológica.—Modo de usarlo.—Su fundamento técnico.

Hemos hecho sumariamente la enumeración de los reóstatos más empleados y de sus aplicaciones á la electroterapia, con el objeto de separar claramente aquellos usos, del nuevo que pretendemos encontrarle y de acentuar la diferencia de construcción, consecutiva á la diferencia de fines, que distingue aquellos instrumentos del nuestro. Para poder fundar su objeto nos es preciso juzgar filosóficamente los efectos que produce la electricidad en el organismo, considerando aquella como una energía sometida á todas las leyes de la mecánica y cuyo hábil manejo, ya para sustraer, ya para ministrar, ya para trasformar las energías del organismo, dependerá de los medios adecuados ó nó, de que nos valgamos para alcanzar los resultados.

Para mayor claridad analizaremos el asunto acudiendo al siguiente cuadro que proponemos de paso como una clasificación del empleo médico de la energía eléctrica.[1]

1 En este cuadro señalamos el punto sobre el cual deseamos atraer la atención de los médicos.



En todas épocas se ha observado empíricamente que la electricidad produce dos categorías de efectos diferentes, según se emplea produciendo lo que, valiéndonos de la precisión del lenguaje científico actual, llamaremos un cambio brusco, súbito, ó un cambio lento, gradual de esta energía.

Examinaremos 1º Cuáles son los efectos fisiológicos que deben producir estos cambios según que sean bruscos ó graduales, deduciendo estos efectos de la equivalencia que hay entre los fenómenos eléctricos y los mecánicos y entre éstos y los fisiológicos, químicos, etc., apoyándonos, en una palabra, en la ley de la conservación de la energía.

2º Por qué manera los aparatos electro-médicos actuales se prestan á unas ú otras transformaciones del trabajo; y

3º Cuál será el medio más adecuado para llenar la indicación que señalamos arriba.

a. Cuando una persona es puesta en comunicacióu con una máquina electrostática y acto continuo se hace funcionar la máquina, la persona no siente estremecimiento alguno si no se aparta de la máquina hasta que se suspende el movimiento. Y sin embargo, la persona ha sido recorrida por una corriente eléctrica.

b. Si esta persona acerca la mano á la máquina estando ésta en pleno funcionamiento, resiente un choque; lo mismo sucede si estando de pie en el banquillo eléctrico y en comunicación con la máquina, álguien se acerca y la toca; y se re-

pite el mismo fenómeno en mayor escala si, tomando con una mano la armadura externa de la botella de Leyde, acerca la otra mano á la armadura interna, etc.

¿Por qué razón han variado las manifestaciones de la electricidad en uno y otro caso?

En el primero, *a*, previo contacto de la persona con la máquina, se elevó progresivamente el potencial eléctrico á la par en aquella y en ésta, puesto que la persona formaba parte del conductor de la máquina y las cargas eléctricas sucesivas engendradas por el trabajo muscular del que la acciona, escurrieron al suelo por conducto de la persona sometida á la experiencia. Hubo ascenso gradual del potencial eléctrico de la persona y de la máquina y escurrimiento al suelo de las cargas sucesivas que recibían, hasta el momento en que al suspenderse el movimiento de la máquina, bajó hasta 0 el potencial de la máquina al escurrir al suelo la última carga eléctrica. Lo mismo se observa si estando la persona de pie sobre el banquillo y funcionando la máquina, puesta en comunicación con la persona, se acerca otra y sin tocarla le aproxima una punta metálica; y en este caso aún se puede elevar considerablemente el potencial eléctrico de la máquina sin que el sujeto sometido á la experiencia experimente el más leve choque.

Pero en el supuesto *b*, que nos pusimos, la elevación y el descenso del potencial eléctrico no se verificaron del mismo modo: hubo un cambio brusco que se tradujo por un efecto mecánico de un poder tanto más elevado, cuanto la diferencia entre el potencial de la máquina y el del suelo era mayor.

¿Qué valor mecánico tiene este efecto? En virtud de la ley de la conservación de la energía, todo el trabajo muscular producido por el sujeto que acciona la máquina, se va trasformando equivalentemente en electricidad que se acumula en los conductores de la máquina, hasta alcanzar una diferencia de potencial con el suelo, tanto más elevada, cuanto el aislamiento de la máquina con el suelo es mayor. En el momento en que se acerca á la máquina una persona puesta en comu-

nicación con el suelo, se verifica una caída brusca del potencial de la máquina, que cede toda su carga al suelo en una fracción de segundo, carga que representa el trabajo muscular acumulado bajo la forma de electricidad en el estado potencial.

Fácil es calcular este efecto mecánico: el trabajo total producido al cargarse y descargarse la máquina, es igual á la suma del trabajo *resistente* del que la acciona y del trabajo *motor* que ejecuta la máquina cargada al descargarse. Al accionar la máquina se ejecuta un trabajo que se aglomera en el estado potencial mientras no se verifica la descarga. Si designamos por *W*, la energía potencial desarrollada por el trabajo de electrización, la suma de ésta más el trabajo de la descarga será lo que se entiende por trabajo total y consiguientemente la energía potencial *W*, será la mitad de este trabajo total.

Designemos por *M*, una masa eléctrica que pasa del potencial V_1 al potencial V_0 de la Tierra. Como el trabajo eléctrico tiene por expresión el producto de la masa *M*, por la diferencia de los potenciales $V_1 - V_0$ (expresión donde se advierten los factores de un trabajo: intensidad de una fuerza multiplicada por el camino recorrido), como el trabajo resistente y la energía potencial tienen el mismo valor, la expresión de esta energía potencial, será:

$$W = \tfrac{1}{2}\, M\, (V_1 - V_0),$$

ó para mayor sencillez haciendo

$$(V_1 - V_0) = V,$$

resulta:

$$W = \tfrac{1}{2}\, M\, V \ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$$

Pero por otra parte se sabe que la carga M, de un conductor es igual al producto de su capacidad *C*, por el potencial *V* de esta carga:

$$M = C\, V$$

Si sustituimos este valor de M en la primera igualdad, tendremos:

$$W = \frac{1}{2} C V^2,$$

expresión semejante á la de las fuerzas vivas en mecánica y que da el valor de la energía de un conductor electrizado ó el de la fuerza viva que sea capaz de desarrollar al descargarse, según que esta descarga se haga lenta ó bruscamente.

Consideremos ahora para más claridad uno y otro de estos casos. El efecto mecánico, es decir la fuerza viva W desarrollada por una descarga, será tanto mayor cuanto mayor sea su velocidad V y como esta es inversamente proporcional al tiempo, deduciremos que el efecto mecánico de una descarga aumenta con su rapidez.

Si por el contrario, oponemos una resistencia, un obstáculo al desenvolvimiento rápido de esta fuerza viva, como disminuimos así la velocidad de propagación del movimiento, el efecto mecánico será más y más pequeño; y por último, cuando la fuerza viva haya perdido tanto de su velocidad que no pueda dar lugar á efectos mecánicos, toda se habrá transformado en efectos moleculares: calor, luz, reacciones químicos, etc. De manera que, en resumen, cuando una fuerza viva se desenvuelve, la velocidad de su propagación será lo que caracterice sus efectos: si toda se agota en una fracción de tiempo muy pequeña, sus efectos son mecánicos; si el medio de su propagación ó sea el trabajo que ejecuta, lo verifica en mayor tiempo, su manifestación no será ya mecánica sino calorífica, luminosa, etc., es decir se manifestará como un trabajo molecular, y la suma de todos los trabajos, el mecánico, y los moleculares que ejecute, dará el total de fuerza viva empleada, ó sea el valor de lo que fué una energía potencial. Representando por Σ la suma de todas estas manifestaciones á que dió lugar la fuerza viva considerada, la expresión de esta ley, es la siguiente:

$$W = \Sigma (m V^2)$$

Por consiguiente un choque, una conmoción nerviosa, una contracción muscular, una contusión (como se observa en los heridos por el rayo), son manifestaciones de la transformación de la electricidad en trabajo mecánico, ó sea efectos mecánicos de las descargas, debidos, como acabamos de ver, á la devolución instantánea de una energía acumulada en el estado potencial por un trabajo previo, y estas manifestaciones tienen lugar siempre que se provoca un cambio brusco del potencial eléctrico á que se encuentra la persona sometida á la experiencia. Cuando este cambio del potencial se verifica lentamente, la electricidad no puede dar manifestaciones mecánicas, sino de otro género cualquiera, que dependerá de la velocidad que le permita adquirir el medio en que se propague. Y como el médico no tan sólo no busca siempre las manifestaciones mecánicas de la electricidad, sino que algunas veces aún se propone huir de ellas, probado como está por la experiencia y fácil de probar también deductivamente, que los efectos mecánicos son excitantes, resulta de esto y de que las demás manifestaciones de la energía, tales como la química, la luminosa, la calorífica, la nerviosa, etc., son tan útiles como las mecánicas, cada una en su caso, resulta, decimos, que deben evitarse los efectos mecánicos cuando no llenan un objeto y aún pueden perjudicar.

Para demostrar todo lo que antecede, tomamos como ejemplo la observación de los efectos que producen las máquinas electrostáticas, como hubiéramos podido elegir en vez de aquellos, los efectos de las pilas voltaicas, pues entre unos y otros generadores no media otra diferencia que la de su riqueza. Los primeros, accionados como lo son, por el trabajo muscular, producen débiles cantidades de electricidad (pues el trabajo que un hombre puede producir, es muy pequeño), cantidades que si se elevan á potenciales, á veces muy altos, depende del aislamiento de los conductores; mientras que los segundos producen enormes cantidades equivalentes á la gran cantidad de calor que un peso relativamente pequeño de una sustancia química, puede poner en libertad, y cuyo calor se

transforma por medio de las pilas en electricidad. Estos generadores, por lo demás, pueden alcanzar los mismos potenciales que aquellos, disponiéndolos en tensión, y por lo mismo pueden producir efectos mécanicos idénticos y aun mayores, como lo prueba el carrete de Rumkorff ó la máquina reostática de M. Planté. En una palabra, los generadores químicos pueden efectuar mayor trabajo en tiempos iguales que las máquinas impropiamente llamadas electrostáticas. No obstante, si estas pudieran ser movidas por una fuente de trabajo más abundante, por medio de una máquina de vapor, por ejemplo, sin sufrir deterioro, pues ante todo se romperían los discos, serían capaces de producir tanta energía como las pilas, si se lograse imprimir suficiente velocidad á sus discos. De donde resulta que podemos hacer extensivas á las pilas las mismas reflexiones que convinieren antes para las máquinas sobre los efectos de la caída gradual ó brusca del potencial.

Hé aquí cómo, de una manera deductiva, es posible explicar los efectos de la electricidad en el organismo, sin recurrir á ninguna de las hipótesis emitidas y más ó menos aceptadas hasta hoy. Tal es la claridad que ha esparcido la Física últimamente sobre todas las ciencias. Si hemos citado los ejemplos que la experiencia nos presenta, no ha sido sino para corroborar las deducciones que sugiere la Mecánica. La utilización perfecta de tantas acciones como la electricidad puede producir, alcanzará toda la precisión matemática el día en que la ciencia de la medicina llegue á la etapa mecánica, asimilándose las leyes de aquella como lo vienen haciendo todas las ciencias, y en que conocida la distribución de la energía en cada órgano, se sepa intervenir en las transformaciones de las exteriores en internas y vice-versa, su conservación en el estado latente ó potencial ó su inversión en los diversos trabajos orgánicos. Ese día los aparatos electro-médicos servirán, segun los artificios de que la ciencia se valga, como verdaderos *administradores* de la energía.

No perdiendo de vista nuestro objeto, recorramos por se-

gunda vez el cuadro sinóptico que se encuentra al principio de este capítulo, para saber hasta qué punto los aparatos electro-médicos actuales llenan la indicación de calmar la excitación de un músculo ó de un nervio, inflamados, por ejemplo; de convertir en un trabajo de otra especie el trabajo inflamatorio, de restituir al nervio su conductibilidad perdida.

Con las máquinas electrostáticas es posible elevar el potencial, descender de nuevo á cero y conservar al enfermo á un potencial constante, aun cuando sea muy elevado, valiéndose de los artificios que ya mencionamos en otro lugar; pero con las pilas llamadas de corriente constante, no sucede así á pesar de los colectores. En estos no es posible elevar el potencial al establecer la corriente, ni descender á cero al retirarla, sino produciendo cambios bruscos de potencial, debidos á que los colectores permiten, cuando menos, introducir en las corrientes los elementos de uno en uno. Por consiguiente, los cambios de potencial son de un volt mínimamente por cada elemento, lo cual dista mucho de un ascenso ó de un descenso gradual, insensible, de la intensidad de la corriente. Entre lo que producen los aparatos más perfectos que se usan en la actualidad, como los de Gaiffe, que describimos en otro lugar, y el ideal de la corriente constante, existe la misma diferencia que entre rodar un objeto por una escalinata y rodarlo por un plano inclinado, pues á tanto equivale la serie de martillazos que recibe el paciente al establecerle ó retirarle una corriente por medio de colectores.

Deseando remediar este defecto de los colectores, hemos imaginado el reóstato siguiente:

Regla reostática.—Una regla formada de una pasta cuya composición aún no podemos revelar,[1] constituye la pieza más esencial del instrumento. Esta regla de unos quince ó veinte centímetros de largo y cuatro centímetros cuadrados de sección, se halla engastada en un zócalo de ebonita ó de madera. Sobre la regla desliza por frotamiento un resorte

1 En estos momentos nos ocupamos de pedir una patente por el reóstato descrito en esta tesis.

sostenido por una corredera y movido por una regla dentada. Un extremo de la regla reostática comunica por medio de un tornillo, con uno de los polos de la pila y el resorte que desliza, comunica con el otro polo.

Para usar este reóstato se interpone en el circuito, ya sea en tensión, si la corriente es débil, ó mejor en derivación, especialmente si la corriente fuere intensa. En el primer caso, la disposición es la siguiente: La corriente sale del polo positivo de la pila, pasa al tornillo correspondiente á un extremo de la regla, de ésta al resorte que corrido al otro extremo, sustentará el electrodo positivo y el excitador correspondiente. El excitador negativo se insertará, por medio de un reóforo, al polo negativo de la pila.

Para hacer la aplicación de una corriente, se toman de una vez 30 ó 40 elementos, según fuere necesario, y una vez aplicados los excitadores al enfermo, como la intensidad del circuito deberá ser nula, se corre lentamente el resorte hacia el extremo opuesto vigilando las indicaciones del galvanómetro, hasta alcanzar la intensidad que se quiera.

Para disponerlo en derivación, se usan reóforos bifurcados en ambos polos de la pila. En uno de los extremos de cada reóforo se insertan los dos polos del reóstato, y en los extremos restantes de los reófcros se colocan los excitadores. Se acerca lo más posible el resorte al extremo de la regla por donde entra la corriente, y para alcanzar la intensidad deseada, se opera con el resorte en sentido inverso.

Fácil es comprender por qué con este instrumento se evita un cambio brusco de potencial, pues á medida que se acerca ó se aleja el resorte, se suman ó restan resistencias elementales que obran gradualmente sobre la intensidad de la corriente.

Su fundamento técnico es el siguiente: Si en la expresión

$$I = \frac{E}{R + r}$$

suponemos que el valor de r crece gradualmente hasta el infinito, aumentando el denominador de la fracción, disminuirá el de I hasta cero. Luego la primera condición que debe llenar y llena este reóstato, es la de disponer de suficiente resistencia para anular la corriente, para lo cual se corre el resorte hasta el extremo de la regla. A medida que se acerca el resorte á su punto de partida, el valor de I va en aumento hasta devolver á la pila, si se quiere, toda su intensidad.

Sabido es que cuando una corriente encuentra una resistencia, se transforma en calor; este reóstato transforma, pues, la corriente en calor. La cantidad de calor que produce una corriente dada, se calcula por la fórmula

$$W = R\,I^2\,t,$$

y si conociéramos su calor específico podríamos averiguar la temperatura que marcaría con una corriente dada por las expresiones

$$q = p\,c\,(t' - t) \text{ y } q = C\,r.$$

Este reóstato por ser de una sustancia inalterable, no se polariza como el reóstato de agua, que si no tuviera este grave inconveniente, podría reemplazar al nuestro aunque no tendría tanta precisión.

Queda pues, demostrado, 1º por la historia de la electroterapia y de la electrofisiología, y 2º por las leyes de la mecánica que rigen la energía eléctrica, que los cambios bruscos de potencial son la causa de los efectos mecánicos de la electricidad, y que para evitarlos conviene producir esos cambios gradualmente.

Queda en fin demostrado que la Regla reostática llena esta indicación.

Roberto Jofre.

